



Institut de Recherches du Coton et des Textiles exotiques

*Centre de Recherches
CIRAD de Montpellier*

**METHODOLOGIE DE
L' EXPERIMENTATION PHYTOSANITAIRE
SUR COTONNIER
EN MILIEU PAYSAN
(Décembre 1990)**

B. GIRARDOT

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	3
INTRODUCTION	5
DEFINITIONS	
A) Le milieu paysan	7
B) L'expérimentation en milieu paysan	
1. Pourquoi	9
2. Définition	10
3. Les intervenants	11
ASPECTS METHODOLOGIQUES	
Introduction	13
A) Généralités	
1. Le protocole	15
2. La fiche de renseignements	15
3. Choix des thèmes à étudier	16
4. Choix des paysans	16
5. Le rôle du paysan	18
6. Le suivi des essais	19
7. La standardisation des méthodes	21
8. Conclusion	22
B) Aspects phytosanitaires et observations	
1. Le choix du témoin	23
2. Les observations	
a) Physiologiques	27
b) Phytosanitaires	29
C) Le dispositif expérimental	
1. Caractéristiques de l'essai	35
2. Taille des parcelles élémentaires	36
3. Le dispositif statistique	36
D) L'exploitation des résultats	
1. Analyses statistiques	39
2. Autres analyses	41
LES LIMITES DE L'EXPERIMENTATION EN MILIEU PAYSAN	43
CONCLUSION	45
ANNEXES	
Echantillonnage ASM et Récoltes (Menozzi Mianzé)	49
Simulation de dispositifs (A. Joly)	51
Analyse spatiale de la récolte (E. Gozé)	55
Analyse de regroupement (E. Gozé)	59

AVANT-PROPOS

En 1988, une réflexion des entomologistes de l'IRCT a permis de définir les principes généraux de l'expérimentation phytosanitaire sur cotonnier en milieu contrôlé (station de recherche et antennes de ces stations). Ce travail a fait l'objet d'un document ("Méthodologie de l'expérimentation phytosanitaire en culture cotonnière") dont deux éditions ont été réalisées (1988 et 1989).

L'intérêt que présente ce type de réflexion commune a conduit la division phytosanitaire de l'IRCT à organiser une nouvelle réunion sur les aspects méthodologiques de l'expérimentation, en la consacrant cette fois-ci exclusivement aux essais conduits en milieu paysan. La finalité de cette concertation était, tout comme pour le milieu contrôlé, de définir une méthodologie de ce type d'expérimentation et de mettre en évidence les lacunes qui pouvaient exister.

Cette réunion a eu lieu du 2 au 6 avril 1990 au CIRAD à MONTPELLIER, y ont participé :

ASFOM P.	(SODECOTON - CAMEROUN)
BOURNIER J.P.	(IRCT - MONTPELLIER)
BRAUD M.	(IRCT - PARIS)
CAUQUIL J.	(IRCT - MONTPELLIER)
CHAVATTE D.	(CFDT - PARIS)
COUILLOUD R.	(GERDAT-LENI - MONTPELLIER)
DEGUINE J.Ph.	(IRA - CAMEROUN)
GIRARDOT B.	(IRCT - MONTPELLIER)
GOZÉ E.	(IRCT - MONTPELLIER)
JOLY A.	(IRCT - MONTPELLIER)
JOUBE G.	(RCF - BENIN)
MARTIN Th.	(IRCT - TCHAD)
MENOZZI Ph.	(SOCADA - RCA)
NIBOUCHE S.	(INERA - BURKINA FASO)
RENOU A.	(IRCT - TCHAD)
SILVIE P.	(IRCT - TOGO)
VASSAL J.M.	(IRCT - MONTPELLIER)

Cette synthèse a été rédigée à partir des discussions qui animèrent cette réunion ainsi que des documents suivants :

CAUQUIL J. L'expérimentation phytosanitaire en milieu réel: Le cas de la culture cotonnière en Afrique francophone subsaharienne. 1987, n.p., 12 p.

CAUQUIL J., COUILLOU R., GIRARDOT B., GOZE E., JOUVE G. et VAISSAYRE M. Méthodologie de l'expérimentation phytosanitaire en culture cotonnière, 1988 et 1989, 63 p.

DENECHERE M. Note sur la distribution et l'évaluation des populations d'*Aphis gossypii* Glov. (Homoptère, *Aphididae*) sur cotonnier en République Centrafricaine. Cot. Fib. trop., 36, 3, 271-280.

JOLY A. Considérations méthodologiques sur l'expérimentation variétale sur cotonnier en milieu paysan, 1987, n.p., 25 p.

MENOZZI Ph., MIANZE T. Bilan de cinq années (1983-1987) d'expérimentation phytosanitaire en milieu réel sur cotonnier en Centrafrique. Première conférence cotonnière, Lomé 1989, 14 p.

RENOU A. Expérimentation en milieu réel dans le domaine phytosanitaire appliquée à la culture cotonnière, 1990, n.p., 15 p.

TRIOMPHE B. Méthodes d'expérimentation en milieu paysan, Approche bibliographique 1987, IRAT, 130 p.

VAISSAYRE M. Contribution à l'étude méthodologique de l'échantillonnage des populations d'insectes, 1978, Thèse de 3^{ème} cycle, 61 p.

Entomologistes du BENIN, BURKINA FASO, CAMEROUN, CENTRAFRIQUE, de la COTE D'IVOIRE, du MALI, SENEGAL, TCHAD, TOGO, de la ZAMBIE). Réponses à un questionnaire sur l'expérimentation phytosanitaire en milieu réel (B. GIRARDOT), 1990.

* * * *

INTRODUCTION

Depuis une dizaine d'années, l'expérimentation phytosanitaire en milieu réel (ou milieu paysan) s'est considérablement développée dans la majorité des pays.

Les origines de ce développement sont multiples, on peut citer:

- l'aspect logique de la démarche (étude du comportement des innovations étudiées en milieu contrôlé),

- la recherche d'une représentativité de l'ensemble des zones cotonnières (pour régionaliser les recommandations),

- la diversification des thèmes d'études, certains d'entre eux (études de programme, de techniques d'application, etc...) se prêtant mieux à une étude en milieu paysan,

- l'apparition des structures de "Recherche développement", "Recherche d'accompagnement" etc..., toutes ces entités visant à améliorer le transfert des techniques et à mieux connaître le milieu paysan par, entre autres, la réalisation d'essais chez ceux-ci.

Il faut noter que comparativement à d'autres disciplines (agronomie, génétique) le développement de l'expérimentation phytosanitaire sur cotonnier en milieu paysan a été plus tardif, celle-ci étant plus difficile à réaliser.

Ainsi, si nous considérons un essai comparatif de variétés, les points sensibles vont être relativement peu nombreux (il suffira de s'assurer de la mise en place convenable de l'essai et finalement de la bonne réalisation des récoltes), il en sera tout autre dans le cas d'un essai phytosanitaire où il va falloir s'assurer à chaque intervention de sa bonne réalisation, mesurer de nombreuses variables, etc...

Ce suivi important nécessite des moyens tant matériels qu'humains et justifie le retard relatif pris par le phytosanitaire dans le domaine de l'expérimentation en milieu paysan.

Mises à part quelques réflexions personnelles sur ce type d'essais (cf. plus haut liste de documents), la méthodologie de ces essais en culture cotonnière n'a jamais fait l'objet de mise au point et dans la plupart des cas, les essais sont conçus et implantés en extrapolant les techniques, mieux connues, du milieu contrôlé. Ce document vise à définir une méthodologie appropriée, il ne constitue qu'une ébauche et évoluera en fonction des résultats qui pourront être obtenus.

DEFINITIONS

A - LE MILIEU PAYSAN

De nombreux qualificatifs sont utilisés pour désigner les essais réalisés chez les paysans, parmi ceux-ci, on peut citer "milieu réel", "milieu paysan", "en conditions paysannes", "en vrai grandeur", etc... et dans un premier temps, il convient de qualifier et de définir ce milieu.

Le terme de "milieu réel" est celui qui s'oppose à "milieu contrôlé" et il semble intéressant, en première approche, de le retenir. Cependant, ce terme sous-entend que l'on laisse totalement faire le paysan à qui on a demandé de tester une innovation (conditions réelles), sous-entendu qui n'est en général pas vérifié, un protocole étant établi et un contrôle de ce qui se fait réellement étant réalisé (suivi de l'essai).

Cette distinction fait que le terme de "milieu paysan" sera préféré à celui de "milieu réel", les conditions de réalisation des essais n'étant pas forcément tout à fait celles qui sont réellement pratiquées.

Le milieu paysan peut être défini comme un échantillon du milieu producteur (le milieu naturel), chaque parcelle choisie appartient à un paysan qui participe largement aux travaux (le plus possible), le champ était cultivé avant qu'un essai y soit implanté et le sera après. L'expérimentation n'est donc qu'un épisode non durable dans l'histoire de la parcelle et du paysan.

On peut également définir le milieu paysan comme un milieu soumis à de nombreux facteurs limitants, contrairement au milieu contrôlé dans lequel on va précisément chercher à s'affranchir de ces contraintes (en améliorant les parcelles, en optimisant les calendriers culturels, etc...). La suppression de ces facteurs limitants vise à essayer de ne mesurer que les effets du, ou des facteurs étudiés et non pas les interactions des modalités comparées avec d'autres éléments limitants non maîtrisés (expérimentation "toutes choses égales par ailleurs").

Cette seconde définition montre que les conclusions tirées des essais réalisés en milieu paysan seront souvent plus empiriques et délicates à interpréter que celles des essais en milieu contrôlé, de nombreuses interactions étant souvent présentes et difficiles à caractériser.

Ces facteurs limitants constituent la spécificité du milieu paysan, ils correspondent à une variabilité forte tant sur un plan physique (variabilité du sol, de la pluviométrie, des itinéraires culturels, etc...) qu'humain (structure des unités de production, choix des itinéraires techniques, etc...).

L'importance des facteurs humains fait que l'approche des essais en milieu paysan devra se faire par rapport à l'ensemble parcelle et paysan, cela l'opposant au milieu contrôlé, où l'unité expérimentale n'est constituée que de la parcelle.

Cette notion est importante, elle conditionnera la conception, la mise en place et surtout l'interprétation des résultats des essais.

B - L'EXPERIMENTATION EN MILIEU PAYSAN

Avant de définir ce terme, replaçons les essais en milieu paysan dans le schéma général de l'expérimentation.

Toute innovation fait généralement l'objet, entre son apparition et son utilisation par les paysans, d'une série d'essais que l'on peut regrouper dans le tableau suivant :

NIVEAU	TYPE D'ESSAIS	NBRE DE SITES	MILIEU	INTERVENANTS	ATTITUDE
1	Essais en station	Unique	Contrôlé	Recherche	Analytique et Explicative
2	Essais multilocaux	Quelques uns			
3	Essais milieu paysan	Multiple	Paysan	Recherche, développement	Pratique et Synthétique
4	Essais démonstratifs	Multiple		Développt et encadrement	

Ce tableau fait apparaître quatre niveaux d'essais, les deux premiers ayant été traités dans le document "Méthodologie de l'expérimentation phytosanitaire en culture cotonnière". Celui dont il sera essentiellement question dans cette synthèse est le troisième, c'est à dire l'étude du comportement en conditions paysannes d'une innovation ayant passé avec succès les tests en milieu contrôlé, ou en l'absence de ces tests (raisons techniques exposées plus bas), dont l'efficacité et l'intérêt sont soupçonnés.

La présence des essais démonstratifs (quatrième niveau) dans ce tableau peut être contestée, en effet, ces essais, et contrairement à ceux des autres niveaux, ne font pas l'objet d'analyse statistique et ne sont généralement pas suivis par les structures de recherche. Ils font toutefois partie entière du processus de vulgarisation d'une innovation et il peut être envisagé d'évaluer leurs résultats qui pourraient alors venir confirmer ceux des étapes précédentes.

La dernière colonne du tableau évoque "l'attitude" du chercheur, attitude qui aura une incidence certaine sur la méthodologie mise en oeuvre.

1°) POURQUOI REALISER CES ESSAIS

Les essais réalisés en milieu paysan peuvent être globalement classés en deux grandes catégories qui sont décrites ci-dessous.

* Essais réalisés pour confirmer des résultats

La considération du tableau de la page précédente replace les essais en milieu paysan dans une démarche logique dont le but est de confirmer les résultats obtenus en milieu contrôlé.

Cette nécessité de confirmation est justifiée par :

- la prise en compte des contraintes du milieu paysan qui vont pouvoir interagir avec l'innovation proposée et en modifier l'efficacité réelle,

- pallier l'insuffisance du nombre de sites d'expérimentation en milieu contrôlé pour valider la technique sur l'ensemble de la zone concernée par celle-ci.

Ces essais poseront en général une question simple pour laquelle une réponse sûre (statistiquement robuste) est attendue, les conséquences de celle-ci étant importantes (vulgarisation de la technique avec tous les risques qu'une telle décision comporte).

Pour cette raison, un autre aspect qui sera abordé dans ces essais, est l'acceptabilité et la praticabilité de la technique proposée, tant auprès des paysans que de l'encadrement. Ce point sera abordé par des enquêtes auprès des utilisateurs, il est très important car une innovation, si elle doit bien entendu permettre d'obtenir des résultats convenables, doit avant tout, être applicable et utilisable par les paysans.

On peut également citer dans cette rubrique un type d'essais un peu particulier (ils ne font pas intervenir d'innovation), les essais visant à confirmer des associations insecticides, que l'on peut qualifier de "certification".

Par "certification", on entend la validation de résultats déjà obtenus avec une association, pour des formulations différentes ou pour des matières actives d'une autre origine que celles qui avaient été utilisées lors des expérimentations initiales.

Ces "certifications" sont nécessaires pour cautionner l'achat en grandes quantités de matières actives connues. Si elles sont limitées à certains pays actuellement, elles sont destinées à se développer dans l'avenir.

* Essais réalisés pour obtenir ou expliquer des résultats

Les essais entrant dans cette catégorie ne s'inscrivent pas forcément dans la logique du tableau de la page précédente. En effet, dans le cadre de certains thèmes de recherche, il n'est pas toujours possible d'obtenir des résultats en milieu contrôlé, et dans ce cas des essais seront implantés en milieu paysan pour obtenir des résultats. Parmi les raisons qui justifient ce type d'essais on peut citer:

- la connaissance d'une situation phytosanitaire,
- la nécessité de grandes surfaces,
- la nécessité d'un faciès parasitaire peu modifié (par opposition à celui des stations qui peut l'être),
- les approches économiques,
- la recherche de valeurs "réelles" (de gain d'une technique par rapport à une autre par exemple),
- etc...

Ces essais seront conduits selon des protocoles rigoureux, la démarche est proche de celle qui est mise en oeuvre en milieu contrôlé (rigueur dans les applications insecticides, les observations, etc...).

2°) DEFINITION

Après avoir étudié les raisons pour lesquelles ces essais sont réalisés on peut proposer la définition suivante de l'expérimentation en milieu paysan:

Il s'agit de l'introduction dans le milieu paysan, d'au moins une variante qui a une efficacité connue (confirmer des résultats) ou soupçonnée (obtenir des résultats) et dont on va chercher à mesurer les effets dans les conditions de son application. En d'autres termes, on teste une hypothèse au sens statistique dans des conditions de culture qui sont celles de la pratique courante.

Cette définition conduit à exclure du cadre de cette étude:

- les enquêtes, celles-ci ne visant qu'à collecter des informations sans introduction de variante (un thème tel que celui de la réalité de la protection insecticide pourrait être abordé par cette voie),
- les essais démonstratifs (4^{ème} niveau du tableau précédent), ces essais ne visant pas à tester une hypothèse mais à sensibiliser les paysans à la nouvelle technique et à préparer la vulgarisation de celle-ci,

- les essais qui sont réalisés en milieu paysan mais qui relèvent en fait du premier ou du second niveau d'expérimentation du tableau précédent et qui sont implantés chez des paysans uniquement pour des raisons de disponibilité de surfaces en milieu contrôlé ou de présence d'un problème phytosanitaire particulier. Dans ce cas, le rôle du paysan se limite au prêt de son champ pour permettre à la recherche de réaliser elle-même un essai.

Ces restrictions conduisent à étudier principalement le troisième niveau d'essais.

En ce qui concerne les innovations testées, la définition est volontairement peu précise, celles-ci pouvant être de tout ordre:

- technique d'application,
- matière active ou association de matières actives,
- programme de traitement,
- facteur biologique,
- etc...

Il faut noter que ce n'est pas forcément une supériorité de l'innovation qui sera recherchée, mais au moins une équivalence avec le témoin, la nouveauté pouvant présenter un intérêt particulier (toxicité moindre, par exemple) qui justifierait sa vulgarisation.

3°) LES INTERVENANTS

Dans le tableau de la page 8, l'avant-dernière colonne cite les intervenants (le cas du paysan, qui est le premier intervenant concerné, sera abordé plus loin dans ce document).

Si la situation des essais en milieu contrôlé est simple, seule la recherche intervient à ce niveau, elle est plus complexe en milieu paysan, diverses structures ("DEVELOPPEMENT", "RECHERCHE-DEVELOPPEMENT", "ENCADREMENT") dont le rôle peut varier sensiblement d'une société de développement à l'autre, intervenant avec la recherche.

La nature des interventions qui sont réalisées par les partenaires de la recherche varie en fonction des pays et peut aller de la simple animation à une implication importante dans la réalisation et le suivi des essais.

Dans tous les cas, il est indispensable que la recherche maîtrise totalement la conception des essais (protocoles, etc...), le suivi de ceux-ci pouvant être partiellement délégué aux autres structures.

Il ne faut pas oublier que c'est finalement la recherche qui recommande la technique, et que cette recommandation doit se faire sur la base de résultats qui soient les plus fiables possibles.

Cependant, les structures citées plus haut ayant une meilleure connaissance du terrain, cette compétence doit être mise à profit pour optimiser l'implantation et le suivi des essais; de plus, les moyens humains dont elles disposent peuvent permettre une démultiplication de l'action de la recherche.

L'ensemble des partenaires de l'expérimentation en milieu paysan doit travailler en étroite collaboration.

ASPECTS METHODOLOGIQUES

INTRODUCTION

Comme nous venons de le voir dans le premier chapitre, et malgré les restrictions formulées, des essais très différents peuvent être mis en place.

Ces différences sont telles que chaque essai mériterait une description précise de la méthodologie à mettre en oeuvre, en particulier au niveau des observations à réaliser.

Une telle étude exhaustive n'étant pas envisageable, c'est en fonction des objectifs qui auront été définis que le concepteur du protocole devra choisir un dispositif, un nombre de répétitions, les observations à réaliser, etc...

Dans le texte qui suit, les divers points à préciser sont exposés selon quatre axes qui sont les suivants :

- Généralités sur l'expérimentation en milieu paysan,
- Aspects phytosanitaires et observations,
- Le dispositif expérimental,
- L'exploitation des résultats.

Les méthodes et réflexions présentées dans ce document n'ont pas la prétention d'épuiser les sujets abordés. Si elles sont globalement satisfaisantes pour les aspects généraux et statistiques, il en est différemment des observations phytosanitaires.

En effet, l'hétérogénéité qui existe en milieu paysan ne permet pas de mettre en oeuvre les techniques utilisées en milieu contrôlé (celles-ci font appel à des échantillons trop petits), et il existe peu de travaux concernant la méthodologie des observations en milieu paysan. Cette situation fait que peu d'éléments sont disponibles, elle doit cependant évoluer, un programme de travail ayant été décidé lors de la réunion pour combler les lacunes existantes. Sur la base d'expériences personnelles des premières indications sont données dans ce document.

A - GENERALITES

Par généralités, on entend tout ce qui concerne le choix des parcelles et (ou) des paysans, la mise en place et le suivi des essais, etc...

1°) LE PROTOCOLE

Le protocole d'un essai en milieu paysan devra être conçu différemment de celui d'un essai en milieu contrôlé qui s'adresse à des spécialistes de l'expérimentation.

Il devra être simple et clair, utiliser un vocabulaire accessible et ne demander que le minimum d'observations et d'interventions à ses exécutants.

Il faut attacher une grande importance à la compatibilité du protocole avec les possibilités du milieu paysan, tant techniques, que pratiques.

La bonne compréhension du protocole aura une incidence certaine sur le taux de réussite des essais. Celle-ci passera par une présentation orale explicite des essais et de leurs protocoles aux responsables du suivi et aux paysans.

2°) LA FICHE DE RENSEIGNEMENTS

La fiche de renseignements annexée au protocole devra être très complète et faire appel au maximum d'indications. En effet, si en milieu contrôlé, il n'est pas toujours facile d'expliquer les résultats d'un essai bien que l'on dispose d'un nombre élevé d'informations, cette difficulté sera encore plus grande en milieu paysan et les éventuelles variables explicatives viendront essentiellement de la fiche de renseignements.

La fiche de renseignements permettra de cerner et d'apprécier l'unité culturelle (paysan + champ).

Lors de la rédaction du rapport, cette fiche doit également permettre d'associer aux résultats les conditions dans lesquelles il ont été obtenus.

3°) CHOIX DES THEMES A ETUDIER

Les thèmes qui peuvent faire l'objet d'essai en milieu paysan sont très nombreux. On retiendra que les essais qui ont le plus de chances de donner des résultats sont ceux qui sont simples. Il faudra donc essayer de simplifier les protocoles au maximum, en n'introduisant, dans la mesure du possible, qu'une seule variante (soit deux modalités d'un seul facteur).

On évitera de travailler sur des thèmes qui peuvent conduire à une perte de coton que les paysans n'apprécient guère.

4°) CHOIX DES PAYSANS ET DES PARCELLES

La structure même de l'unité expérimentale, parcelle + paysan, fait que le choix des parcelles et des paysans seront très fortement liés.

* Qui choisir ?

Le premier critère de choix évident est l'appartenance du paysan au groupe cible, c'est à dire à un groupe dans lequel l'innovation testée pourra s'exprimer, par exemple, un paysan d'une zone où l'acariose est présente si un acaricide est testé.

Les objectifs de l'essai vont guider le choix. Schématiquement on peut considérer deux situations:

- on cherche à obtenir ou à confirmer des résultats: on retiendra alors les paysans sur des critères de technicité et de productivité afin de mettre le maximum de chances de son côté pour obtenir des résultats fiables et relativement homogènes,

- on cherche à connaître la validité d'une technique sur une large zone (type pré vulgarisation): il est alors souhaitable de connaître le comportement de l'innovation dans tous les cas de figure et on travaillera sur un échantillon représentatif de l'ensemble des paysans de la zone étudiée.

Dans tous les cas, on retiendra des paysans qui soient intéressés par l'étude proposée, aptes à comprendre le but de celle-ci, et enfin qui ne soient pas motivés outre mesure par un intéressement financier (qui doit donc rester modeste).

Il est important de montrer à l'agriculteur et à l'encadrement l'intérêt de l'innovation testée, car en plus de son aspect scientifique, l'expérimentation en milieu paysan apporte un soutien précieux à la formation des paysans.

On évitera de transformer quelques paysans en "fonctionnaires de la recherche" par l'implantation répétée d'essais sur leurs parcelles. Une rotation parmi les paysans doit donc être assurée.

On ne négligera pas que le comportement du paysan peut être modifié du fait qu'il a été choisi pour réaliser l'essai. Ainsi, sa motivation pourra le conduire à apporter un soin particulier à sa parcelle, aux interventions qu'il réalise, ces modifications de comportement pouvant éloigner sa conduite de celle qu'il a dans des conditions normales. Ces éléments devront être pris en compte lors de l'analyse des résultats, ceux-ci n'étant pas forcément "représentatifs".

*** Qui choisit ?**

Les services de développement (ou encadrement ou recherche développement) ont une connaissance du terrain qui sera mise à profit pour pré-sélectionner les paysans chez qui les essais peuvent être implantés, mais la recherche sera toujours associée au choix final.

On peut citer une autre alternative pour le choix des paysans, qui consiste à travailler dans des villages "tests" tels que ceux qui existent au TOGO. Ces villages sont bien connus, des observateurs "rodés" y travaillent et les informations qui y sont collectées ont une fiabilité acceptable.

Cette alternative pose toutefois la question de savoir si les paysans de ces villages ont encore une démarche suffisamment spontanée pour que l'on puisse considérer qu'il s'agit de conditions "réelles".

Ils présentent, en tout cas, un intérêt certain pour les essais de confirmation biologique de résultats.

*** Quand choisir ?**

La démarche conduisant à la mise en place d'essais en milieu paysan demande beaucoup plus de temps que celle des essais en milieu contrôlé. Le choix et l'information des paysans, la formation de l'encadrement ne doivent pas être négligés et imposent de préparer ces essais longtemps avant leur mise en place.

*** Le choix des parcelles**

Dans la majorité des cas, et contrairement aux autres disciplines (agronomie, génétique), les interventions phytosanitaires différentielles interviennent tardivement (40-45 jours après semis).

En conséquence, le choix définitif des parcelles peut être réalisé lorsque les cotonniers sont bien développés et être plus judicieux que si il intervenait plus tôt.

Les parcelles seront choisies en fonction de leur homogénéité, de leur aptitude à recevoir un essai (forme, aptitude au découpage), mais aussi en fonction de leur accessibilité (penser au suivi des essais).

En même temps qu'elles sont retenues, les parcelles seront partagées et les sous parcelles convenablement identifiées et délimitées (piquets de séparation, arrachage de quelques cotonniers en début de ligne, etc...).

Lors du choix des paysans et des parcelles, il faut envisager un taux de déchets (d'environ 10 %, variable avec les régions, la complexité de l'essai, etc...) et en conséquence, prévoir un nombre de points d'essais (ou de répétitions) supérieur à celui que l'on s'est fixé de pouvoir exploiter statistiquement.

5°) LE ROLE DU PAYSAN

La participation du paysan à la réalisation de l'essai doit être la plus grande possible.

Il assurera dans tous les cas :

- la préparation du sol,
- le semis,
- les apports de fertilisants,
- les sarclages,
- la récolte.

Les applications insecticides seront confiées ou non au paysan et ce, en fonction des objectifs de l'essai (obtenir ou confirmer des résultats) et de l'importance qui leur est accordée. Si elles sont confiées au paysan, on peut préparer des flacons contenant la dose à appliquer pour une application sur une parcelle afin d'éviter les erreurs de dosage.

Dans tous les cas, il sera utile de préciser dès le départ à qui incombent les tâches à accomplir. La clarté évitera d'éventuels conflits avec les paysans concernés.

L'essai ne doit pas être "porté" par la recherche ou l'encadrement, mais être conçu de façon à être conduit par le paysan lui-même.

6°) LE SUIVI DES ESSAIS

* Le suivi: quand, quoi ?

Qu'un essai soit réalisé en milieu contrôlé ou en milieu paysan, il sera suivi. Le suivi d'un essai en milieu paysan va cependant être très différent de celui d'un essai en milieu contrôlé car:

- nombre d'éléments qui font l'objet d'une réflexion en milieu contrôlé vont être subis en milieu paysan (toutes les opérations culturales par exemple),

- les multiples sources d'hétérogénéité dont on tente de s'affranchir en milieu contrôlé vont pouvoir interagir avec les modalités du facteur étudié et il importe de tenter de les identifier.

Ces exigences traduisent l'originalité de la structure de l'unité expérimentale (**champ + paysan**) qui s'oppose à celle des essais réalisés en milieu contrôlé (**parcelle seule**).

Cette situation fait que le suivi doit être étroit, et que le maximum d'informations doit être collecté pour expliquer les résultats obtenus (rôle de covariables) et ce, de la préparation du sol à la récolte.

En ce qui concerne les interventions différentielles (applications insecticides en général), il est souhaitable (si leur réalisation a été confiée aux paysans, [cf. plus haut, rôle du paysan]) que le responsable du suivi de l'essai assiste à ces interventions afin de contrôler:

- la qualité de leur réalisation (traiter les "bonnes" parcelles, aux "bonnes" dates, etc...),

- les conditions de leur réalisation (vent pour les traitements UBV, T°C, état du matériel, etc...),

- les quantités de produits ou d'émulsion réellement appliquées, etc ...

Les observations physiologiques et phytosanitaires spécifiques à l'innovation testées (population de ravageurs, analyse sanitaire, etc...) seront abordées dans le chapitre "Aspects phytosanitaires et observations".

* Le suivi: qui ?

Les divers intervenants dans les essais en milieu paysan (cf. tableau de la page 8) peuvent se partager le travail comme suit:

- Structure d'encadrement ou de développement: leur présence sur le terrain et leur connaissance de celui-ci fait qu'elles sont bien adaptées au suivi pas à pas des essais (opérations culturelles, interventions phytosanitaires, etc...),

- Recherche: ses compétences la désignent bien sûr, pour réaliser les observations et éventuellement contrôler l'exécution des applications insecticides si celles-ci justifient un soin particulier.

Cette répartition du travail n'est cependant que théorique et tous les cas de figure peuvent être rencontrés (du suivi total des essais par l'encadrement au suivi total par la recherche). Elle correspond toutefois à une collaboration de deux partenaires et semble intéressante à développer.

Parallèlement, à ce suivi continu des essais, des tournées en cours de campagne devront être faites par les responsables de la recherche afin de contrôler ces essais, la qualité du suivi et du personnel responsable de celui-ci, de réaliser des observations personnelles, etc...

Dans tous les cas les responsables du suivi devront faire preuve de souplesse (être capables de prendre une décision face aux contraintes du paysan, d'organiser son travail) et de mobilité.

La formation des responsables du suivi doit être compatible avec leurs tâches (les données qu'ils vont collecter sont celles qui seront analysées), elle fera l'objet de soins particuliers (le recrutement d'"observateurs temporaires" pour suivre ces essais n'est sans doute pas la meilleure solution). Les responsables du suivi devront être équipés de moyens de déplacement adaptés.

Ce paragraphe soulève le problème des structures nécessaires à la réalisation d'essais en milieu paysan. Comme nous venons de le voir et bien que son niveau puisse être modulé en fonction des objectifs des essais, le suivi est contraignant et demande un personnel qualifié (pour les observations en particulier). Ce point ne devra pas être négligé lors de l'élaboration d'un programme d'essais en milieu paysan.

Actuellement, on constate que d'un pays à l'autre l'importance des structures est très variable, et va d'équipes spécialisées dépendant soit des sociétés cotonnières (cas de la RCI), soit de la recherche (cas de la RCA) à des structures très

légères, voire inexistantes. Les pays se trouvant dans cette situation doivent structurer au plus vite cette activité étant donnée le rôle qu'elle va pouvoir jouer dans un proche avenir.

Le nombre d'essais qu'un ingénieur, qu'un observateur vont pouvoir suivre variera avec le niveau du suivi assuré, les facilités de déplacement, la dispersion du dispositif, etc...

A titre indicatif, en RCA, on considère qu'un ingénieur peut suivre correctement dix à quinze groupes d'essais en fonction de leur dispersion géographique, ce qui représente, selon les protocoles mis en oeuvre dans ce pays, 100 à 150 parcelles réparties sur 45 sites.

Au Cameroun, pour les essais comparatifs de matières actives implantés en milieu paysan, un observateur est responsable d'une vingtaine d'unités expérimentales (de 2 500 m²).

7°) LA STANDARDISATION DES METHODES

Un réseau d'essais, s'il est supervisé par une seule personne (ingénieur de la recherche) sera suivi sur le terrain par un nombre plus ou moins élevé d'agents et d'observateurs.

La finalité du dispositif, regroupement des résultats et extrapolation de ceux-ci à des zones, des régions, nécessite une standardisation des méthodes de réalisation de ces essais, afin que tous les responsables travaillent de la même façon.

Cette standardisation se fera par le biais de protocoles précis, mais aussi par des réunions informatives et de formation (présentation des programmes, éclaircissement sur certains points, etc...) et ce, à tous les niveaux du dispositif.

8°) CONCLUSION

Cette liste non exhaustive démontre, s'il en était besoin, que le milieu paysan nécessite une conception plus finalisée et un suivi plus rigoureux que le milieu contrôlé.

Cette démarche rigoureuse est justifiée par les nombreuses contraintes qui existent et par le poids d'un tel dispositif (nombre d'intervenants, dispersion géographique, etc...).

Le programme d'essais doit être pensé très tôt, la préparation matérielle (mise en place des produits, des documents, des récipients, de la sacherie, etc...) étant souvent assez lourde et exigeante en temps.

Les aspects financiers ne devront pas être négligés, l'expérimentation en milieu paysan coûte cher (personnel, déplacements, intrants, etc...) et il faut s'assurer, avant toute chose, du financement de ces essais. Une précipitation excessive, en l'absence d'un financement suffisant, peut conduire à un échec dont les conséquences psychologiques (perte de confiance des paysans, de l'encadrement, crédibilité de la recherche) et techniques (absence de résultat) seront fâcheuses.

B - ASPECTS PHYTOSANITAIRES ET OBSERVATIONS

Certains points abordés dans ce chapitre ne sont pas particuliers aux essais phytosanitaires (exemple: choix d'un témoin, observations physiologiques, etc...) mais ils sont présentés ici car abordés selon un point de vue phytosanitaire.

1°) CHOIX D'UN TEMOIN

Pour évaluer les effets dus à l'introduction d'une innovation dans le milieu, il faut pouvoir comparer les résultats que permet d'obtenir celle-ci à un "témoin".

A priori, on est tenté de penser que le témoin doit être la pratique réelle du paysan, mais comme nous allons le voir, il n'est pas le seul envisageable.

*** Pratique paysanne réelle**

Ce témoin a l'avantage de démontrer directement le gain qui pourrait être obtenu en utilisant l'innovation, à condition que celle-ci soit mise en oeuvre comme elle l'a été dans l'essai. Dans l'optique de la vulgarisation d'une nouvelle technique (objectifs de l'essai ?) ce résultat peut être intéressant.

L'utilisation de ce témoin pose cependant deux questions importantes à l'expérimentateur:

- + Qu'elle est la pratique paysanne réelle ?
- + Comment comparer les résultats d'essais mis en place chez des paysans ayant des pratiques différentes ?

On pourra répondre à la première question en prévoyant une fiche de renseignements suffisamment détaillée et précise. Toutefois, il sera toujours difficile de savoir exactement quelle est la pratique réelle, et il est gênant, à priori, de ne pas savoir à quoi l'innovation va être comparée.

La réponse à la seconde question est plus difficile à obtenir. Si le nombre d'implantations de l'essai est suffisamment élevé pour créer des groupes homogènes d'exploitations, on pourra obtenir des résultats par groupe et extrapoler ceux-ci (ce qui constitue une démarche intéressante), si au contraire le nombre d'implantations de l'essai ne permet pas de réaliser ces regroupements (ce qui est généralement le cas) les résultats seront difficilement interprétables en l'absence de référence commune d'un essai à l'autre.

*** Recommandations de l'encadrement**

Ce témoin à l'avantage d'être commun à tous les essais. Il conviendra bien aux essais dont l'objectif est de comparer une technique en vue de sa vulgarisation en remplacement de celle à laquelle elle est comparée.

*** Non traité**

Les parcelles non traitées présentent un avantage certain pour les essais dont le but est d'évaluer les pertes ou le faciès parasitaire d'une zone. Elles sont cependant difficiles à utiliser pour les deux raisons suivantes:

- les paysans abandonnent fréquemment les travaux d'entretien sur ce type de parcelles, considérant qu'ils travaillent pour "rien",

- on ne peut jamais être certain qu'il s'agit réellement de parcelles non traitées, des traitements "pirates" pouvant être réalisés.

En conséquence et pour des raisons psychologiques (ces parcelles non traitées sont peu appréciées des paysans), on évitera d'utiliser ce témoin.

*** Témoin plafond**

A l'opposé des parcelles non traitées, le témoin plafond consiste en une parcelle super traitée (type "protection poussée" des essais à trois niveaux de protection).

Contrairement au précédent, ce témoin est bien accepté par le paysan (espoir de gain supérieur) et constitue une référence absolue à laquelle on pourra comparer les objets testés et évaluer leurs performances en terme de pourcentage d'efficacité par rapport au plafond. Ce témoin est plus souple que les autres, quelques écarts dans les doses appliquées ou les dates de traitement étant sans grande incidence sur les résultats finaux.

Les objectifs de l'essai guideront le concepteur du protocole de l'essai dans le choix du témoin à utiliser.

2°) LES OBSERVATIONS

Il n'existe pas de liste type des observations à réaliser (tant physiologiques que phytosanitaires). Pour chaque essai, elles seront choisies en fonction des objectifs fixés, des moyens disponibles, de la précision souhaitée, etc...

Schématiquement, on peut considérer les deux situations suivantes:

*** Essais dont le but est de confirmer des résultats**

Ils feront l'objet de peu d'observations (stand, récolte, analyse sanitaire à maturité et éventuellement quelques contrôles d'efficacité sur des ravageurs particuliers (par exemple sur les pucerons si on cherche à connaître l'intérêt ou l'activité d'une molécule aphicide). La méthodologie mise en oeuvre pour réaliser ces observations peut être simplifiée.

*** Essais dont le but est d'obtenir des résultats**

Il sera nécessaire de réaliser des observations en plus grand nombre et en adoptant des méthodes plus proches de celles qui sont mises en oeuvre en milieu contrôlé.

En milieu paysan, l'hétérogénéité est telle que des échantillons de plus grande taille que ceux qui sont utilisés en milieu contrôlé doivent être retenus.

Les tailles d'échantillons et les techniques qui sont précisées dans ce paragraphe et le suivant relèvent souvent de considérations empiriques, mais il faut souligner qu'elles donnent des résultats cohérents. Dans l'attente de résultats supplémentaires qui permettront de préciser celles-ci, on peut les utiliser ou les prendre en compte lorsqu'elles sont jugées insuffisantes.

a. LES OBSERVATIONS PHYSIOLOGIQUES

* Densité de peuplement

En extrapolant des résultats obtenus sur la récolte par Ph. Menozzi et Th. Mianzé en RCA (annexe p. 49), on peut retenir comme échantillon minimum 5 % de la surface si la parcelle est homogène et 10 % si elle est hétérogène. Les lignes sur lesquelles le nombre de plants est compté peuvent être choisies régulièrement, une sur vingt dans le premier cas, une sur dix dans le second.

Cette observation étant assez rapide à réaliser et peu répétée dans le temps (deux comptages maximum, souvent un seul à la récolte), il n'est pas très gênant de travailler sur un échantillon trop important (conséquence possible de l'extrapolation des résultats de RCA sur la récolte) et elle ne fera pas l'objet d'études plus approfondies.

Cette observation simple doit être réalisée dans pratiquement tous les essais au moins à la récolte et éventuellement au deuxième ou au troisième mois de la culture.

* Hauteur des plants

Tout comme le stand, cette donnée peut être utile pour apprécier *a posteriori*, la qualité et l'homogénéité de la parcelle sur laquelle l'essai était implanté.

Contrairement à la précédente, c'est une observation qui est longue à réaliser, et il n'est pas possible de retenir un échantillon aussi important.

On retiendra comme valeur d'échantillon minimum, le nombre de cotonniers présents sur 1/10^{ème} de ligne (un cotonnier sur dix), compté une ligne sur dix.

* Floraison

Cette observation est très longue à réaliser et demande la présence pratiquement permanente d'un observateur sur le lieu d'essai.

En conséquence, et dans l'état actuel de ses techniques d'évaluation, elle n'est pas adaptée aux essais en milieu paysan.

* Récolte

C'est une observation capitale des essais en milieu paysan, dans certains cas, elle pourra même être la seule qui soit réalisée.

Son estimation doit être la plus précise possible, il en effet primordial de savoir si l'innovation proposée permet de réaliser un gain ou non, ou si elle présente un intérêt particulier, si elle est au moins équivalente au témoin.

L'importance de cette observation a conduit plusieurs chercheurs (Ph. Menozzi et Th. Mianzé, E. Gozé) à réaliser des études sur les techniques d'échantillonnage à utiliser. Des extraits des résultats de ces études sont proposés en annexes (p. 49 et 55).

On retiendra des résultats obtenus en RCA que la surface d'échantillonnage doit correspondre à environ 5 % de la parcelle élémentaire si le champ est homogène, et 8 à 10 % si le champ est hétérogène.

En l'absence d'indication précise sur la répartition spatiale des prélèvements à effectuer, on retiendra les résultats de l'étude d'E. Gozé. Ceux-ci conduisent à proscrire la délimitation d'une placette pour recommander un échantillonnage de lignes choisies de façon "aléatoire" dans l'ensemble de la parcelle.

Le terme "aléatoire" est entre guillemets, car une contrainte liée aux passages de l'opérateur assurant les traitements insecticides fait que ceux-ci doivent être pris en compte lors du choix des lignes. En effet, les quantités d'insecticides reçues par les cotonniers ne sont pas absolument identiques selon leur position par rapport à ces passages, ces différences pouvant conduire à des différences de rendements.

Pratiquement, on choisira les lignes à récolter selon un pas qui sera fonction du nombre de lignes à retenir et de l'intervalle séparant deux passages de l'opérateur qui a assuré les traitements.

Ainsi, si l'on doit récolter 10 lignes dans un champ en comportant 100 et que les passages de traitements ont eu lieu toutes les 5 lignes, on retiendra un pas de:

* 10 sans tenir compte des traitements ($100 / 10 = 10$, les lignes seront toutes placées de la même façon par rapport aux traitements),

* 9 en tenant compte des traitements (9, pour éviter de retenir des lignes placées de la même façon par rapport aux traitements).

Les difficultés liées à l'échantillonnage sont telles que, si cela est possible on préférera récolter la totalité des sous-parcelles plutôt que de faire un mauvais échantillonnage.

b. LES OBSERVATIONS PHYTOSANITAIRES

Les remarques relatives aux traitements qui viennent d'être faites à propos de la récolte ne seront pas répétées pour chacune des observations présentées ci-dessous, elles sont cependant tout à fait applicables et ne doivent pas être oubliées.

L'échantillonnage doit tenir compte de la biologie des ravageurs, ainsi, certains ravageurs ont un comportement agrégatif, d'autres "envahissent" les parcelles selon un axe (ou un côté) préférentiel, etc..., ces façons de "parasiter" conduisant à des approches différentes, de même la vitesse de multiplication de leur population.

L'échantillonnage doit également tenir compte de la densité de population du ravageur étudié. Les échantillons minimum à observer seront d'autant plus grands que le ravageur sera peu présent et inversement.

Le manque certain d'information à propos des méthodes d'échantillonnage devrait être comblé dans les années à venir, un programme d'étude portant sur les principaux ravageurs du cotonnier (acariens, pucerons, aleurodes, *Sylepta*, *Heliothis*, *Diparopsis*, *Pectinophora* et *Cryptophlebia*) ayant été établi lors de la réunion de Montpellier.

Ces études seront menées dans l'esprit de celle que J.-Ph. Deguine a réalisé sur pucerons au Tchad: elles relèvent de la même approche que celle d'E. Gozé (partiellement reproduite en annexe p. 55) mais à la différence de celle-ci, les observations seront répétées dans le temps afin de pouvoir disposer de niveaux de population différents et étudier les conséquences de ceux-ci sur les techniques d'échantillonnage.

* Acariens

L'observation porte sur les feuilles terminales du plant. Le dénombrement des acariens étant une opération fastidieuse, on peut utiliser l'échelle de notation suivante:

- + 0 = plant sain, absence de symptôme.
- + 1 = revers des feuilles à aspect vernissé, pas de déchirure.
- + 2 = quelques déchirures.
- + 3 = nombreuses déchirures.

En RCA, les comptages sont réalisés sur 210 mètres linéaires (3 fois 70 mètres), ils donnent satisfaction.

* Piqueurs suceurs

Les travaux de M. Denéchère (RCA) sur les pucerons ont démontré qu'une corrélation hautement significative existait entre la population de pucerons présente sur l'ensemble du plant et celle observée sur les cinq feuilles terminales bien développées de ceux-ci.

Les données analysées pourront être soit les pourcentages de plants atteints, soit les pourcentages de feuilles atteintes. Denéchère a démontré que lorsque le taux d'infestation était très élevé, l'analyse des pourcentages de feuilles atteintes donnait des meilleurs résultats que celle des plants atteints (qui tendent alors vers 100).

La position des feuilles observées variera en fonction des objectifs de l'essai. Dans un essai comparatif de techniques d'application, il sera utile de réaliser des comptages en haut des cotonniers, mais aussi à un niveau médian et en bas de ceux-ci afin d'évaluer la pénétration des gouttelettes d'insecticide, alors que dans un essai de comparaison d'aphicides, l'observation des feuilles du haut sera suffisante.

En ce qui concerne le nombre de cotonniers à observer, sur petite parcelle et en milieu contrôlé, le nombre de vingt est retenu par Denéchère, sur grande parcelle en milieu paysan il est insuffisant (cas du Burkina Faso). Au Cameroun, les comptages sont réalisés sur 60 cotonniers, au Mali, deux groupes de vingt cotonniers contigus sont retenus, ils donnent satisfaction.

Les pucerons ayant un comportement agrégatif, on conseillera de travailler sur plusieurs zones du champ pour tenter d'obtenir une bonne représentativité du niveau de population. Cette remarque conduit, une nouvelle fois, à proscrire la technique de la placette d'observation.

Pour les autres piqueurs suceurs:

- les populations de jassides pourront être évaluées de la même façon que celles des pucerons,

- les aleurodes peuvent être dénombrés en observant leur présence sur la feuille située à l'aisselle de la sixième branche (en partant du haut) du plant. Le comptage à la loupe étant long, on pourra travailler en terme de présence / absence.

* Chenilles défoliatrices

Au Tchad, les poquets dans lesquels il y a au moins un plant hébergeant des chenilles de *Sylepta* sont comptés pour estimer l'importance de ce ravageur. Cinquante poquets pris en diagonale sont analysés par parcelle.

Au Cameroun, les comptages sont effectués sur 25 plants par parcelle.

Ces méthodes ne donnent pas entièrement satisfaction, et dans l'attente de résultats complémentaires, on peut recommander de réaliser les comptages sur une ligne sur dix (10 %), et sur chaque ligne, sur un plant (ou poquet) sur cinq (20 %), soit au total sur 2 % des plants de la parcelle.

Pas d'indication particulière à propos des autres chenilles défoliatrices, si ce n'est dans le document de J. Cauquil (cf. liste de documents en avant-propos), où il recommande de dénombrer les phyllophages sur dix tronçons de vingt mètres linéaires choisis aléatoirement.

* Chenilles carpophages

La méthode à mettre en oeuvre pour évaluer les populations de chenilles carpophages va dépendre:

+ du régime alimentaire des chenilles présentes dans la zone où l'essai est implanté:

- 1°) chenilles à régime exocarpique,
- 2°) chenilles à régime endocarpique,
- 3°) présence simultanée de chenilles des deux types.

Le régime alimentaire aura une influence sur la méthode à mettre en oeuvre pour évaluer les populations de chenilles. Dans le premier cas (chenilles exocarpiques: *Heliothis*, *Earias*, *Diparopsis*), il sera possible de dénombrer les populations en observant les capsules en place sur le plant, dans les second et troisième cas (chenilles endocarpiques: *Cryptophlebia*, *Pectinophora*), il faudra récolter les capsules pour les ouvrir et les analyser (cf. plus bas, Analyses Sanitaires).

+ des objectifs de l'observation:

- 1°) il s'agit de contrôler une activité biologique: on peut travailler sur les chenilles ou leurs dégâts,
- 2°) il s'agit de collecter des éléments pour décider d'un traitement: il est préférable de travailler sur les pontes, voire les chenilles, mais pas sur les dégâts.

+ du type de l'essai:

Dans les essais de déclenchement de traitement sur seuils, il faudra également prendre en compte la vitesse de développement des chenilles présentes pour choisir entre les deux modes d'évaluation envisageables (pontes ou chenilles).

Ainsi, la population d'une chenille à développement rapide telle qu'*Heliothis* devra être évaluée sur les pontes car

le temps s'écoulant entre le dénombrement et le traitement peut être suffisant pour que des dégâts significatifs soient causés par les chenilles si le comptage est réalisé sur celles-ci.

Au Bénin, les comptages de pontes et de chenilles sont réalisés sur 24 plants par parcelle (au Burkina Faso, pontes sur 25 plants), dans ces deux pays les résultats sont jugés insuffisants.

Au Tchad, le shedding est analysé sur 40 m² par parcelle, deux fois par semaine, les résultats sont jugés insuffisants.

Les travaux de M. Vaissayre sur *Heliothis* et *Earias* démontrent qu'en grandes surfaces (de l'ordre de la centaine d'hectares), il est extrêmement difficile d'évaluer une densité de population quand celle-ci est faible. Le découpage d'une parcelle de 1 000 m² en quadrats d'un m² montre qu'il est nécessaire de regrouper cinq quadrats (cinq mètres linéaires) pour obtenir un bon ajustement des fréquences de distribution à la loi binomiale.

En RCA, les chenilles sont dénombrées sur cinq à sept fois vingt mètres linéaires (chaque tronçon de vingt mètres étant choisi au hasard), c'est cette technique que nous recommanderons.

*** Analyses sanitaires des capsules**

- Analyse Sanitaire en Vert (ASV)

Cette analyse détruit des organes fructifères et n'est, de ce fait, guère appréciée par les paysans et en conséquence non recommandable. Cette situation est gênante dans les zones où les chenilles à régime endophage sont dominantes, car elle constitue, dans ce cas, la meilleure voie d'évaluation de leurs populations.

On peut citer une alternative qui consiste à ne récolter que les organes apparemment attaqués. Ce type d'analyse est mieux acceptée et donne, d'après ses praticiens, de bons résultats en ce qui concerne le ratio *Pectinophora* / *Cryptophlebia*, le taux de capsules percées ne pouvant pas être connu par cette technique.

On pourra limiter la récolte aux capsules d'un certain diamètre en utilisant un carton percé d'un trou pour ne retenir que celles qui correspondent à la taille minimale (ou maximale) que l'on s'est fixée (20 mm par exemple).

En l'absence de données concernant l'échantillonnage de l'A.S.V., on se référera aux résultats de RCA sur l'analyse sanitaire à maturité.

- Analyse Sanitaire à Maturité (ASM)

Les analyses sanitaires à maturité sont utiles pour juger de l'efficacité biologique des modalités comparées, surtout si des chenilles à régime endophage sont présentes dans la zone considérée. Contrairement aux analyses sanitaires en vert, elles ne sont pas destructrices puisqu'elles interviennent à la récolte.

L'étude de Ph. Menozzi et Th. Mianzé (annexe p. 49) montre qu'une forte variabilité existe quant à la taille des échantillons qu'il faut retenir. La taille minimale de l'échantillon est fonction de l'hétérogénéité de la parcelle, de la pression parasitaire, et du type de la variable dont on veut estimer la valeur.

Ainsi, si l'évaluation du taux de capsules saines nécessite un échantillon relativement peu important (120 mètres linéaires), l'évaluation du taux de capsules trouées pourra exiger l'analyse des capsules récoltées sur 1 780 mètres linéaires (dans le cas d'une parcelle hétérogène et d'une pression parasitaire modérée), ce qui est considérable.

La répartition spatiale des lignes à observer pourra être établie en considérant les travaux d'E. Gozé sur la récolte (choix de lignes dispersées) et en tenant compte des passages de traitements.

* Phytotoxicité

Dans les essais de pré vulgarisation et de certification d'associations de matières actives, des observations relatives à la phytotoxicité des formulations doivent être réalisées.

Cette observation est essentiellement qualitative et portera surtout sur les feuilles des cotonniers situés à proximité des lignes de passage de traitement.

* Conclusion

Si les techniques d'échantillonnage ont été peu précisées, on peut globalement recommander de travailler sur des portions de lignes réparties "aléatoirement" plutôt que sur une placette dédiée aux observations. On n'oubliera pas les passages de traitement qui peuvent introduire un biais sur l'ensemble des observations phytosanitaires.

C - LE DISPOSITIF EXPERIMENTAL

1°) CARACTERISTIQUES DE L'ESSAI

* Nombre de facteurs étudiés

Dans la majorité des cas, les essais phytosanitaires en milieu paysan n'étudient qu'un seul facteur (à l'exclusion du lieu), les rares essais dans lesquels deux facteurs sont étudiés sont des essais du type "fumure x traitement".

Les essais à plusieurs facteurs nécessitent des dispositifs relativement complexes et sont de ce fait peu adaptés au milieu paysan. En conséquence, ils devront, dans la mesure du possible, être évités.

* Les modalités comparées

Les modalités comparées doivent être simples. On cherchera à limiter le nombre de modalités comparées pour simplifier le dispositif expérimental. La majorité des essais qui sont actuellement mis en place en milieu paysan comparent deux modalités, ce nombre étant sans doute celui qui permet d'obtenir les meilleurs résultats.

Le nombre de modalités comparables va également être limité par la taille des unités culturales sur lesquelles les essais sont mis en place, ainsi que par le nombre de répétitions, une taille minimale de parcelles élémentaires (cf. plus bas) devant être respectée.

Il faut éviter de combiner plusieurs facteurs au sein d'une même modalité car il ne serait alors pas possible d'individualiser les effets respectifs de ces facteurs et il sera difficile de tirer des conclusions d'un tel essai.

Si cette combinaison est obligatoire (par exemple fréquence d'application et molécules différentes), il est indispensable de pouvoir disposer de résultats d'essais réalisés en milieu contrôlé, essais dans lesquels les effets respectifs des fréquences et des molécules auront été identifiés et quantifiés.

En règle générale, si un essai en milieu paysan compare des modalités combinant plusieurs facteurs, il sera nécessaire d'étudier parallèlement et individuellement ces facteurs dans des essais en milieu contrôlé.

En conclusion, on retiendra que plus un essai est simple, plus il a de chances de donner des résultats.

2°) TAILLE DES PARCELLES ELEMENTAIRES

Elle va dépendre de l'homogénéité du champ, de la nature du facteur étudié, du nombre de modalités de ce facteur et du nombre de répétitions. Elle est également liée à la taille de l'unité de culture qui va être partagée en autant de parcelles élémentaires que nécessaire (deux dans le cas le plus simple).

La pratique actuelle montre que la surface des parcelles élémentaires varie de 1 250 à 10 000 m². Le chiffre rencontré le plus fréquemment, environ 2 500 m², est jugé satisfaisant par les chercheurs.

Cette situation tient à la taille de l'unité de production, qui est généralement de 5 000 m² (1/2 hectare), celle-ci étant partagée en deux pour comparer deux modalités dans une répétition (blocs dispersés).

Le type de facteur étudié aura une incidence sur la taille des parcelles; ainsi, si un essai comparant des molécules peut se contenter de parcelles relativement petites (1 250 m²), des parcelles plus grandes seront nécessaires pour un essai portant sur les techniques d'application ou des programmes.

L'augmentation de la taille des parcelles n'engendrera pas forcément une augmentation de la précision de l'essai car on augmentera simultanément l'hétérogénéité intra-bloc; cependant, dans le domaine phytosanitaire, les contraintes biologiques (répartition des ravageurs et de leurs dégâts dans une parcelle) et techniques (dérive / mode d'application) sont telles qu'il n'est pas possible d'utiliser des petites parcelles comme en génétique ou en agronomie (quelques lignes).

3°) LE DISPOSITIF STATISTIQUE

Les contraintes du milieu paysan (surface, simplicité, etc...) font que peu de solutions sont envisageables.

Pratiquement, on peut considérer que les seuls dispositifs qui peuvent être raisonnablement utilisés en milieu paysan sont ceux qui font appel aux blocs complets.

Ainsi on pourra avoir:

- * des essais en couple (comparaison de deux objets dans une répétition par site),

- * des essais en blocs dispersés (comparaison d'au moins deux objets dans une répétition par site),

- * des essais en blocs de Fisher (comparaison d'au moins deux objets dans au moins deux répétitions par site).

* Les essais en couple et les blocs dispersés

Les deux premiers dispositifs sont les plus simples et les plus employés mais ils présentent un certain nombre d'inconvénients et en particulier:

- * de ne pas donner accès à l'interaction éventuelle des modalités comparées avec les lieux d'essais (le test de Tukey ne détectant qu'un certain type d'interaction),

- * de rendre impossible l'évaluation de données manquantes et la vérification de données aberrantes,

- * de plus, les grandes différences fréquemment observées entre blocs conduisent souvent à une non additivité du modèle, ce qui est gênant pour une analyse regroupée en blocs de Fisher et se traduit notamment, par une baisse de la puissance.

Ces inconvénients et le manque de puissance (cf. plus bas) de ces deux dispositifs font qu'il est préférable de les éviter, et ce, bien qu'ils soient les plus utilisés.

* Les blocs de Fisher, nombre de répétitions

Le dispositif en blocs de Fisher permet d'éviter les inconvénients des blocs dispersés et d'améliorer très significativement la probabilité de mettre des différences en évidence (puissance de l'essai) comme le démontre la simulation réalisée par A. Joly (cf annexe p. 51).

Ce dispositif a l'inconvénient de nécessiter des répétitions et d'être plus encombrant que les blocs dispersés. Si le découpage de l'unité culturelle conduit à des parcelles élémentaires dont la taille est trop petite, on peut implanter les répétitions dans plusieurs unités culturelles proches les unes des autres et dont les itinéraires techniques sont comparables (appartenant au même paysan par exemple).

Le choix du nombre de répétitions sera généralement fait non pas en fonction du résultat recherché comme le voudrait une démarche logique, mais en fonction des surfaces disponibles, du personnel, etc..., en un mot, des contraintes. Il résultera de la recherche du meilleur compromis entre le nombre de modalités à tester et ces contraintes.

On notera (étude de A. Joly en annexe p. 51) que la plus grande différence dans l'évolution de la puissance de l'essai est observée en passant de une à deux répétitions par site.

En conséquence, on préférera répéter l'essai sur un même site plutôt que de multiplier le nombre de sites (l'idéal par rapport à la représentativité, restant bien entendu des essais répétés dans un nombre de sites élevé).

La randomisation utilisée (quelque soit le dispositif sera différente pour chaque site.

*** Nombre de sites**

Le nombre de sites à retenir va dépendre de la précision souhaitée, des moyens dont on dispose, etc...

Il dépendra également de la représentativité que l'on veut obtenir et de la fiabilité souhaitée dans l'évaluation de l'interaction "traitements x lieux".

L'augmentation du nombre de sites ne permettra guère d'améliorer les critères statistiques (une plus grande hétérogénéité de situations étant alors prise en compte) mais permettra d'obtenir un résultat moyen plus proche de la réalité.

Les réseaux d'essais en milieu paysan mis en place actuellement font généralement appel à une dizaine de lieux. Les résultats obtenus donnent en général satisfaction (pour confirmer des résultats), mais il est évident qu'une dizaine de sites ne permettent sans doute pas d'obtenir une représentativité satisfaisante d'une zone cotonnière.

D - L'EXPLOITATION DES RESULTATS

1°) ANALYSES STATISTIQUES

Ce chapitre ne fera pas l'objet d'un développement important, les analyses statistiques de résultats d'essais en milieu paysan font en effet appel aux mêmes techniques que d'autres essais et une bibliographie suffisamment abondante existe sur ce sujet.

L'analyse d'essais implantés en blocs dispersés (ou en couple), de par l'information relativement pauvre qu'ils fournissent est limitée au test T de Student ou au test F de Fisher (ces deux approches étant équivalentes lorsque deux objets sont comparés) et éventuellement à la détection d'une forme d'interaction entre traitements et blocs (test de Tukey), les blocs représentant dans ce cas les lieux.

L'analyse d'essais implantés en blocs de Fisher permettra d'évaluer un nombre de paramètres supérieur, et en particulier l'interaction traitements - lieux.

* Les interactions entre blocs et traitements

Si ces interactions ne sont pas rares dans les essais en milieu contrôlé, elles le seront encore moins en milieu paysan et en particulier dans les blocs dispersés. Cette interaction conduit fréquemment à une non additivité du modèle, celle-ci pouvant être détectée par le test de Tukey.

La non additivité du modèle rend invalide l'hypothèse formulée lors d'une analyse en blocs:

$$X_{ij} = X + T_i + B_j + R_{ij},$$

avec:

i	: numéro du traitement,
j	: numéro de répétition,
X_{ij}	: valeur parcelle i j,
X	: moyenne générale,
T_i	: effet du traitement i,
B_j	: effet du bloc (répétition) j,
R_{ij}	: résidu correspondant à la parcelle i j,

cette invalidité faussant les estimations des limites de confiance des variances et moyennes.

* Analyse de regroupement, interactions

Si le dispositif employé le permet (blocs de Fisher), on étudiera:

* les résultats obtenus sur chaque site considéré individuellement (analyse de variance et comparaisons de moyennes),

* le regroupement de l'ensemble des résultats sur lesquels on analysera la variance, on comparera les moyennes, on calculera la puissance de l'essai, l'effet lieu et l'interaction traitements x lieux (cf annexe p. 59),

* la structure de l'interaction, qui permettra, si une interaction est observée, de déterminer des groupes de lieux où les traitements ont des comportements homogènes.

Si l'analyse de regroupement fait apparaître soit un effet lieu, soit une interaction traitements x lieux, ou même les deux, il faudra être très prudent dans l'interprétation et ne pas envisager comme seul facteur explicatif le lieu.

En effet, si globalement on parle d'effet lieu, il peut masquer de nombreux autres effets. Ainsi les itinéraires techniques, l'influence de l'observateur, l'influence du choix des paysans, etc... pourront être à l'origine d'effet "lieu" ou d'interaction "traitements x lieux" sans que ceux-ci permettent pour autant d'interpréter régionalement les résultats.

* La puissance de l'essai

La puissance d'un essai est fonction du dispositif (nombre de traitements, de répétitions), du risque de première espèce choisi (souvent 5 %) et de la différence à mettre en évidence entre les traitements.

Pour qu'un essai réponde aux objectifs fixés, il doit montrer avec une probabilité suffisante (la puissance), toute différence que l'on juge intéressante.

Le logiciel STATITCF permet de calculer la puissance *a priori* d'un essai (avant sa mise en place).

Avant la mise en place de l'essai, il est indispensable de faire des simulations en jouant sur les divers paramètres pour faire varier la puissance de l'essai et estimer les chances que l'on a de vérifier l'hypothèse émise dans le dispositif retenu.

Lorsque les résultats de l'essai sont connus, l'estimation de la variance résiduelle permet à STATITCF de calculer deux puissances après une analyse de variance :

* une puissance qualifiée d'*a priori*, fonction de la différence à mettre en évidence (généralement exprimée en %). Si la différence minimale intéressante correspond à une puissance élevée, cela veut dire qu'il y a de grandes chances que l'essai montre une telle différence si elle existe. En conséquence, si

l'essai n'est pas significatif, il est alors possible de conclure sans grand risque que les objets sont équivalents (i.e. ne montrent pas de différence intéressante).

* une puissance *a posteriori*, qui n'est pas d'un grand intérêt pratique, celle-ci étant en fait égal au taux théorique d'essais qui seraient significatifs dans un réseau où les effets seraient en moyenne égaux à ceux mesurés (en l'absence d'interaction).

Si l'échantillon de paysans est représentatif (composé de bons et de moins bons paysans), il faudra, pour augmenter la puissance de l'essai, multiplier les implantations chez les paysans les moins bons (à cause de la forte hétérogénéité qui existe chez ceux-ci), ce qui va conduire à une concentration des moyens chez les mauvais paysans.

2°) AUTRES ANALYSES

Si l'analyse statistique des résultats biologiques est importante, elle n'est pas la seule qui doit être réalisée. Parmi les autres analyses qui soient réalisables, on citera:

* l'analyse **agronomique**, elle permettra de relier les résultats obtenus à des phénomènes biologiques (faciès parasitaire) ou agronomiques (sols, itinéraires techniques, etc...) en s'appuyant sur les résultats des observations et (ou) les éléments recueillis dans les fiches de renseignements (prise en compte de l'unité expérimentale dans son intégrité : parcelle + paysan),

* l'analyse **économique**, si l'objectif de l'essai est la vulgarisation d'une technique cette analyse est importante, elle permettra d'évaluer les conséquences économiques de l'innovation proposée (profitabilité),

* l'analyse **technique**, elle synthétisera les observations faites sur l'acceptabilité et la praticabilité de l'innovation, son intérêt technique (gain de temps, rendre plus facile une tâche, etc...).

Un compte rendu d'essai en milieu paysan doit faire l'objet de plusieurs approches, statistique pour apprécier les résultats numériques, mais aussi agronomique, économique et technique pour évaluer la portée pratique et monétaire de ceux-ci.

LES LIMITES DE L'EXPERIMENTATION EN MILIEU PAYSAN

Ce chapitre reprend des idées développées par A. Renou dans un document rédigé par celui-ci à l'intention de la réunion.

Les limites de l'expérimentation en milieu paysan résultent, en partie, du non respect de certaines des contraintes qui ont été évoquées tout au long de ce document. Ainsi, la fiabilité dans l'exécution d'une expérimentation et dans la qualité de l'enregistrement des données dépendront de la simplicité des protocoles, de l'importance du suivi, du contrôle de l'hétérogénéité, etc... sans parler des compétences des agents d'exécution quand l'expérimentation est déléguée.

Il faut être conscient de ces limites, et toujours interpréter avec prudence les résultats provenant d'essais en milieu paysan dont la fiabilité ne peut être évaluée correctement.

A côté de ces limites d'ordre pratique, il existe d'autres limites, inhérentes aux contraintes du milieu paysan, qui relèvent essentiellement du domaine des statistiques. Quelques unes sont évoquées ci-dessous, sans prétendre à une liste exhaustive.

* Nombre de facteurs et de modalités,

Pour réussir une expérimentation en milieu réel, nous avons souvent souligné l'importance de la simplicité du dispositif, cette limitation résulte des contraintes pratiques liées aux possibilités d'exécution de protocoles compliqués par les agents encadrant les essais.

Elle touche en premier lieu les facteurs étudiés, et rend difficile les approches d'interactions entre facteurs en milieu paysan.

Elle porte également sur le nombre de modalités d'un même facteur (limitation le plus souvent à deux ou trois niveaux qu'il convient, en conséquence, de bien choisir) ce qui restreint les possibilités d'études, d'interprétation et d'explication des phénomènes observés.

* Possibilités de choix des modalités

Pour certaines études, il est parfois indispensable d'envisager une modalité qui porte préjudice aux paysans concernés, par exemple utilisation d'un témoin non traité. Une indemnisation peut être prévue (ce qui augmentera le coût de l'essai), mais il est difficile de s'assurer du respect d'une telle modalité et il est préférable d'éviter ce type d'objet en milieu paysan.

*** Interprétation de l'effet lieu et des interactions**

Lorsqu'un essai a été mené sur plusieurs sites et avec des répétitions, des analyses de regroupement peuvent être effectuées pour certaines variables et mettre en évidence un effet lieu et une interaction entre les traitements comparés et les lieux d'essais.

Cependant, on conclut souvent trop vite à des interprétations régionales alors que le lieu masque en réalité de nombreux facteurs autres que la localisation géographique. La liste de ces facteurs serait grande, on peut citer, l'influence de l'observateur, les déviations involontaires par rapport à un protocole, l'influence du choix des paysans, etc...

Il convient donc d'être très prudent dans les interprétations régionales et d'étudier systématiquement la structure de l'interaction quand elle est présente et de rechercher son origine. Lors de cette phase d'analyse, il ne faudra pas hésiter à éliminer les essais dans lesquels on a pu identifier une origine d'interaction autre que géographique.

*** L'hétérogénéité**

Malgré toutes les précautions et mesures qui peuvent être prises, le contrôle de l'hétérogénéité d'une expérimentation en milieu paysan n'est jamais parfait. Les coefficients de variation le confirment souvent, surtout si on les compare à ceux obtenus en milieu contrôlé. De ce fait, les possibilités d'explication et d'interprétation des résultats se trouvent souvent limitées par absence d'effet significatif.

*** La multiplicité des sites**

Cette limite est matérielle. La multiplicité des sites d'expérimentations, la transmission trop tardive des données et leur transcription toujours fastidieuse, conduisent souvent à des interprétations hâtives (et pas uniquement sur le plan statistique car les résultats peu fiables sont rarement éliminés), celles ci étant généralement imposées par la nécessité de produire rapidement des résultats.

Les résultats obtenus en milieu paysan sont donc fréquemment sous-exploités même quand leur fiabilité est convenable, une perte d'information en résultant. Ceci peut être corrigé en réduisant le nombre de sites ou en améliorant les transmissions, mais constitue une limite supplémentaire de l'expérimentation en milieu réel.

CONCLUSION

Tout au long de ce document, et au travers des différents points abordés, les termes de "contraintes", "limites" ont souvent été utilisés. Il correspondent à la spécificité du milieu paysan, et soulignent l'importance qui devra être accordée à l'étape de conception de ces essais et de leurs protocoles.

Si ces essais ne permettent pas toujours d'obtenir toutes les informations qui seraient souhaitées, il faut insister sur le fait qu'ils procurent, avec toutes les restrictions qui ont été formulées, une information unique qu'aucun autre type d'essais ne peut apporter. Cette spécificité démontre l'importance de ce type d'expérimentation dans le processus de vulgarisation d'une innovation et son caractère obligatoire. Elle démontre également l'importance de la méthodologie mise en oeuvre, importance liée à la justesse et la robustesse que doit avoir la réponse fournie.

Ces essais créent un contact étroit entre la recherche, le développement et les paysans. Ils permettent à la première d'adapter ses thèmes de travail à la réalité, et aux deux autres d'obtenir des réponses pratiques, directement applicables.

La réussite passe par une association efficace entre les trois parties concernées: l'agriculteur, l'encadrement et la recherche.

L'avenir des essais en milieu paysan est grand, en effet nombre de nouveaux thèmes abordés aujourd'hui (seuils, programmes, etc...) ne peuvent être envisagés raisonnablement qu'au travers de réseaux d'essais associant milieu contrôlé et milieu paysan.

Nous espérons que ce document, si il n'apporte pas toutes les réponses aux questions que l'on peut se poser, permettra une réflexion de la part des responsables d'essais en milieu paysan lors de l'étape clé de la conception et l'élaboration de ces essais.

ANNEXES

EXTRAIT DE

**BILAN DE CINQ ANNEES (1983-1987) D'EXPERIMENTATION
PHYTOSANITAIRE EN MILIEU REEL SUR COTONNIER EN CENTRAFRIQUE**

Ph. Menozzi et Th. Mianzé (Conférence de LOME - 1989)

Dans le cadre de cette étude visant à répondre aux préoccupations des paysans et de la société cotonnière (détermination des meilleurs programmes, suivi du parasitisme, etc...) une étude portant sur les techniques d'échantillonnage a été entreprise. Seul le chapitre concernant cette étude est reproduit ici.

LES ETUDES D'ECHANTILLONNAGE

Bien que les blocs choisis pour l'expérimentation soient retenus sur des critères d'homogénéité, l'hétérogénéité du milieu paysan demeure plus forte que sur station. D'autre part, les parcelles sont plus grandes et les échantillons utilisés pour les observations parasitaires et physiologiques effectuées sur station ne sont pas forcément transposables.

Des études d'échantillonnage sont donc entreprises en milieu réel. Ces études, effectuées en 1985 et 1986 dans la région de Bambari, ont porté sur les rendements et sur l'analyse sanitaire des capsules mûres, observation importante à cause du régime endophage de *Pectinophora gossypiella*, ravageur dominant de la zone cotonnière.

Dans une parcelle de 0.5 hectare environ, des prélèvements d'organes fructifères sont effectués par tronçons de dix mètres au moment de la récolte. Les analyses statistiques sont faites selon le programme de l'Institut Technique des Céréales et Fourrages (ITCF).

En 1985, 474 tronçons (six tronçons dans chacune des 79 lignes) ont été analysés. En 1986, l'étude a porté sur 540 tronçons (neuf tronçons sur chacune des 60 lignes).

Les résultats obtenus par tronçons de dix mètres sont récapitulés dans les tableaux de la page suivante dans lesquels la dernière colonne (TAILLE MINI. ECH.) donne la longueur minimale (en mètres linéaires) qu'il faut observer pour avoir une bonne évaluation du critère correspondant.

REMARQUE: ce type d'étude ne précise pas la localisation dans le champ des tronçons de prélèvement en vue de l'analyse sanitaire des capsules.

1985 : Parcelle homogène (Rendement = 806 kg/ha)

	MOYENNE	VALEUR MINIMALE	VALEUR MAXIMALE	Co.Var. %	TAILLE MINI. ECH. (Mètres linéaires)
% Caps. saines	52	20	74	17	120
% Caps. trouées	19	6	46	32	330
% Caps. pourries	26	5	55	27	280
% Caps. momifiées	3	0	12	67	1180
Nombre total caps.	216	67	420	23	210
Pds moyen cap. sai.	4.1	2.5	6.5	10	40
Pds moyen cap. tot.	3.1	2.3	7.2	13	60
Poids coton blanc	444	95	870	31	400
Poids coton total	680	195	1350	27	270

1986 : Parcelle hétérogène (Rendement = 524 kg/ha)

	MOYENNE	VALEUR MINIMALE	VALEUR MAXIMALE	Co.Var. %	TAILLE MINI. ECH. (Mètres linéaires)
% Caps. saines	64	7	90	17	110
% Caps. trouées	7	0	49	71	1780
% Caps. pour. tot.	20	2	59	45	870
% Caps. pour. piq.	8	0	43	82	2940
% Caps. momifiées	8	0	26	40	640
Nbre total de caps.	159	19	384	30	340
Pds coton blanc	350	30	860	39	600
Pds coton total	437	50	1050	35	480
% coton jaune	8	1	37	56	1220

Ces deux tableaux montrent que l'on peut avoir une bonne estimation des rendements en prélevant 270 ML (mètres linéaires) (environ 5 % de la surface) dans le cas d'une parcelle homogène, et 480 ML (environ 8 % de la surface) dans le cas d'une parcelle peu homogène.

L'estimation du poids moyen capsulaire nécessite des échantillons plus petits: de 40 à 60 ML par parcelle.

Pour l'ASM, le taux de capsules trouées demande un prélèvement d'au moins 330 ML (6 % de la surface) et 1780 ML si la pression parasitaire est modérée.

SIMULATION DE DISPOSITIFS A UNE, DEUX OU TROIS REPETITIONS

A. Joly

BUT: Comparer par simulation les résultats qui auraient été obtenus dans un dispositif ayant une, deux ou trois répétitions, à ceux obtenus dans un dispositif réel en possédant huit.

Cette étude a été réalisée en utilisant les résultats et données parcellaires d'un réseau multilocal d'essais variétaux en milieu paysan mis en place au Bénin. Ce réseau comparait trois variétés dans des blocs de Fisher à 8 répétitions implantés dans 9 sites.

La simulation a consisté à tirer aléatoirement et pour les neuf implantations de l'essai, un, puis deux et trois blocs pour constituer un jeu de données simulant les dispositifs correspondants (blocs dispersés, blocs de Fisher à deux et à trois répétitions).

Pour chaque dispositif 50 tirages aléatoires avec remise ont été réalisés et les résultats qui sont présentés dans les tableaux ci-dessous correspondent aux moyennes qui ont été calculées.

RESULTATS DU DISPOSITIF REEL

* Modèle

Le modèle utilisé (regroupement d'un réseau d'essais en blocs de Fisher) fait intervenir les effets variétés, blocs, lieux, les interactions entre blocs et variétés ainsi que les interactions entre variétés et lieux soit:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_{ij} + \delta_{ik} + \epsilon_{ijk}$$

avec i : lieu,
j : variété,
k : bloc,

Un effet lieu est mis en évidence ($F = 122,03$ [1 %]) ainsi qu'une interaction variétés x lieux ($F = 3,77$ [1 %]) et un effet variétal testé par rapport à cette interaction ($F = 3,61$ [5%]) qui montre la supériorité d'une variété par rapport au témoin.

L'écart type résiduel est de 84 kg/ha, le coefficient de variation de 5,8 % et la puissance à posteriori de l'essai de 69 % pour un risque de première espèce de 5 %. La différence minimale mise en évidence par ce dispositif n'est que de 7 % de la moyenne générale (soit 104 kg/ha).

LES RESULTATS OBTENUS PAR SIMULATION

* Modèles

Le modèle "blocs dispersés" ne fait intervenir que les effets variétés et lieux représentés par les blocs, celui des blocs de Fisher à deux et trois répétitions est du même type que celui du dispositif d'origine (cf. ci-dessus).

La puissance des trois dispositifs simulés est évaluée par rapport à la fréquence avec laquelle un classement des variétés équivalent à celui du dispositif réel est observé. (test de Newmann - Keuls à $p_{0,05}$).

* Résultats

Dans aucun des 150 dispositifs élémentaires simulés une inversion du classement des variétés n'a été observée. Ce point est important, car il démontre la robustesse de ces dispositifs.

En ce qui concerne les autres critères, ils figurent dans le tableau suivant:

	Blocs dispersés	Fisher à 2 répéti.	Fisher à 3 répéti.
Puissance	24 %	52 %	74 %
Puissance en tenant compte de l'interaction Var x lieu	<u>16 %</u>	32 %	38 %
Fréquence de détection de l'interaction Var x lieu	<u>20 %</u>	36 %	52 %
C.V. moyen	9,7	8,7	8,1
Ecart type	141,2	125,9	117,9

(valeurs soulignées = valeurs estimées par le test de Tukey)

On notera que si la puissance de l'essai passe de 24 à 74 % dans les cas extrêmes, la fréquence de détection de l'interaction variétés x lieux ne passe que de 20 à 52 %.

En conséquence, si on attache une importance à la détection de l'interaction variétés x lieux (régionalisation), il sera nécessaire d'implanter un nombre de répétitions plus élevé sur chaque site.

Le calcul du nombre d'essais ou de blocs dispersés qu'il aurait fallu mettre en place pour obtenir des performances comparables à celle du dispositif de référence a été effectué. Les résultats sont présentés dans le tableau de la page suivante.

Performances du dispositif de référence:

$$\begin{aligned}\alpha &= 5 \% \\ 1 - \beta &= 69 \% \\ \Delta_{\min} &= 104 \text{ kg/ha}\end{aligned}$$

	Blocs dispersés	Essais à 2 blocs	Essais à 3 blocs
Ecart-type médian (kg/ha)	147	122	114
" " 1er quartile	122	102	100
" " 3ème quartile	158	147	136
Nbre blocs/essais médian	24	16	15
" " " 1er quart.	16	12	12
" " " 3ème quart.	26	24	20

Ce tableau démontre que pour obtenir une puissance comparable à celle du dispositif initial, il faudrait implanter 24 blocs dispersés ou 16 essais à deux blocs, en passant à trois blocs, seule une implantation est économisée. Ces résultats confirment que le gain de puissance le plus important est obtenu en passant de une à deux répétitions.

* Conclusions

1°) on ne note jamais d'inversion de classements des variétés, même dans le dispositif en blocs dispersés,

2°) on double la puissance en passant de un à deux blocs (24 -> 52 %), et on la triple de un à trois (24 -> 74 %).

3°) l'estimation de l'interaction avec le lieu demande un nombre de répétitions élevé par site d'expérimentation (avec trois répétitions, elle n'est détectée qu'une fois sur deux).

On retiendra que cette simulation démontre la robustesse du dispositif en blocs dispersés mais que son manque de puissance fait qu'il est préférable d'utiliser des blocs de Fisher à deux répétitions (gain de puissance important, estimation directe et meilleure détection de l'interaction variétés x lieux, sécurité accrue, ...).

ANALYSE SPATIALE DE LA RECOLTE DANS UN CHAMP PAYSAN

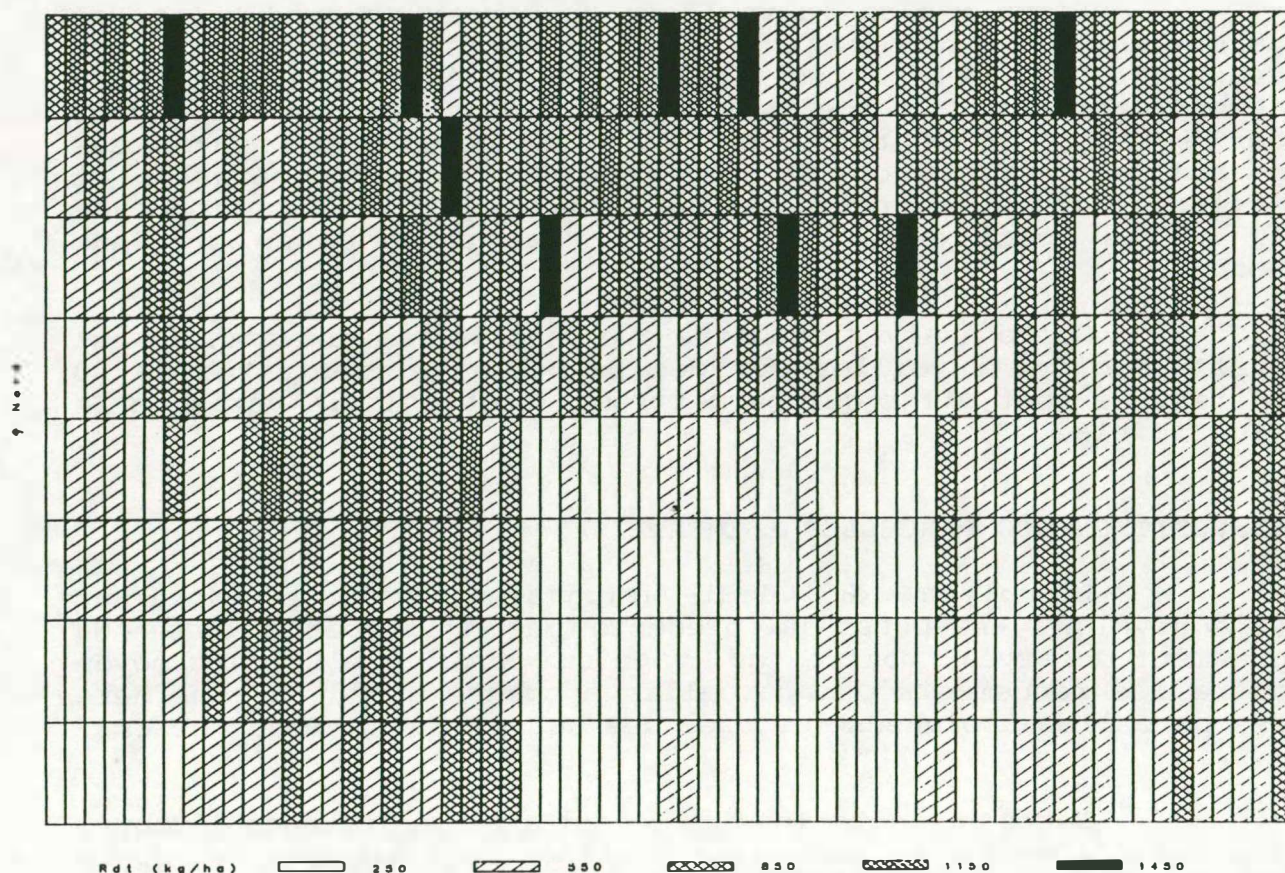
E. Gozé

Cette analyse est extraite d'une étude plus large de simulation de dispositifs expérimentaux dans une parcelle. Elle a été menée à partir de données collectées dans le champ d'un paysan togolais, champ qualifié d'homogène et d'un niveau de production moyen (638 kg/ha).

Tout le coton graine de ce champ de 0,25 ha a été récolté par sections de cinq mètres, tronçon par tronçon sur un total de 63 lignes (soit un total de 504 tronçons sur l'ensemble de la parcelle).

Le schéma ci-dessous illustre le niveau de rendement de chacune des parcelles élémentaires récoltées.

CHAMP DE KONDO KOSSI : 63 LIGNES DE 40 METRES
PARCELLES ELEMENTAIRES D'UNE LIGNE DE 5 METRES



Ce schéma montre, avant toute analyse statistique:

* qu'une très grande variabilité (CV de 42 %) existe dans ce champ qui avait été qualifié d'"homogène" en cours de végétation (un facteur six existe entre les parcelles élémentaires les moins productives et les plus productives et un gradient Nord-Sud est observé),

* la difficulté que pose la détermination, à priori, de la surface et de la situation de la, ou des, zones qu'il va falloir récolter pour estimer la production du champ.

Deux analyses réalisées dans le cadre de cette étude permettent de préciser, dans ce cas précis (il faudrait répéter ce type d'essais pour pouvoir tirer des règles générales), la taille et la répartition spatiale des échantillons à récolter pour estimer le rendement moyen du champ.

TAILLE DES PARCELLES A RECOLTER

Par parcelles élémentaires, on entend la longueur des portions de lignes qu'il faut récolter, la récolte pouvant faire l'objet de plusieurs lignes.

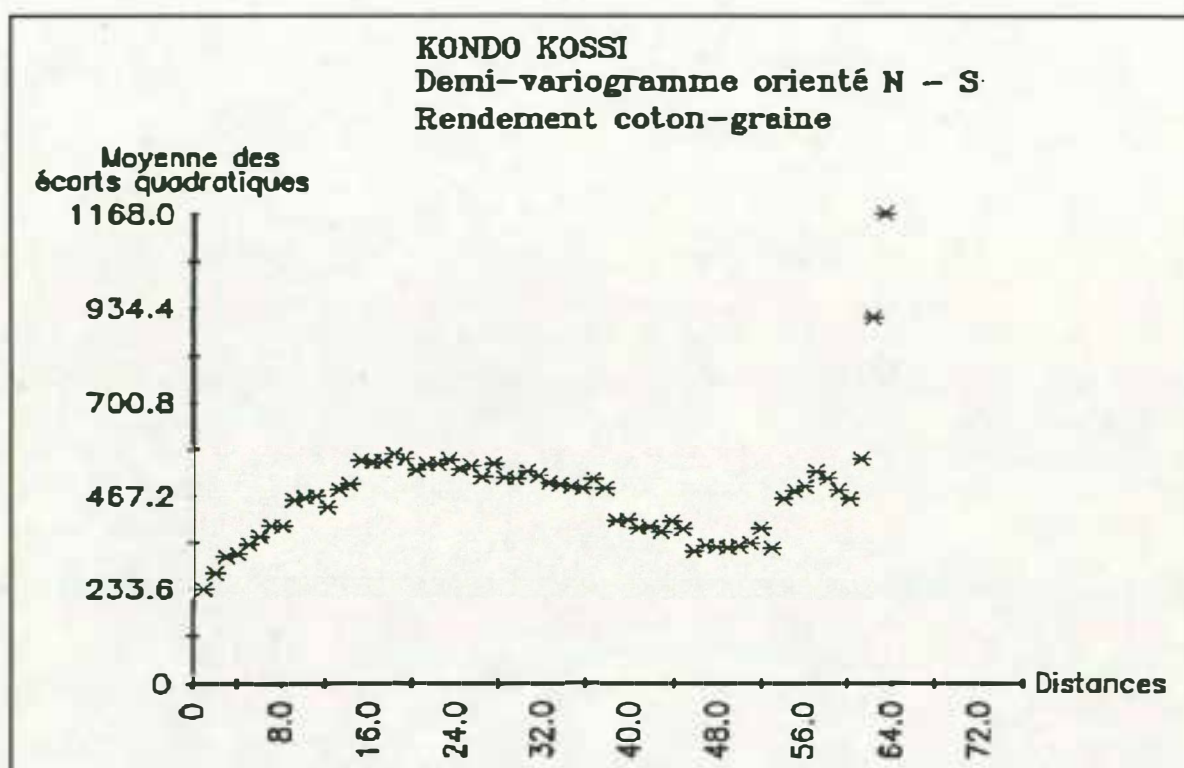
L'analyse de la variance du niveau de production des parcelles élémentaires et de regroupements de celles-ci (par deux, trois et quatre, soit 5, 10, 20 et 40 mètres linéaires) démontre que la variance est la plus faible lorsque des lignes de 40 mètres sont utilisées. Les variances obtenues avec des parcelles de 5, 10 ou 20 mètres de long sont comparables et environ trois à quatre fois plus élevées qu'avec des lignes de 40 mètres, ceci étant dû, dans le cas présent, au gradient Nord-Sud.

Cette analyse démontre que dans le cas présent, il est préférable de travailler sur des parcelles élémentaires de 40 mètres, ce sont elles qui permettront d'obtenir la variance la plus faible.

DISPOSITION DES PARCELLES ELEMENTAIRES

L'analyse du demi-variogramme orienté Nord-Sud (l'équivalent Est-Ouest ne présente pas d'intérêt à cause du gradient observé), montre (cf. page suivante) que l'écart moyen entre les rendements des parcelles augmente quand on considère des parcelles éloignées les unes des autres (de 16 à 35 mètres).

Cette augmentation de l'écart avec la distance démontre que les rendements de parcelles voisines sont proches, et qu'il est préférable de choisir plusieurs placettes (constituées d'un fragment de ligne) éloignées les unes des autres (de plus de 15 mètres d'après le variogramme) pour obtenir un bon échantillon.



Les points situés au-delà 40 mètres présentent peu d'intérêt car les moyennes correspondantes ont été calculées sur un nombre de valeurs trop faible pour qu'ils soient significatifs (la parcelle ne faisait qu'environ 50 mètres).

En conclusion de cette étude, on retiendra qu'il est préférable de récolter des portions de lignes relativement longues bien que dans le cas présent cela soit dû à la forme de l'hétérogénéité, et que les lignes doivent être choisies de façon aléatoire dans la parcelle mais éloignées d'au moins 15 mètres.

Cette conclusion va à l'encontre de la pratique courante qui consiste à définir une placette pour réaliser les observations et la récolte.

Pour simplifier les observations on récoltera des lignes complètes, suffisamment éloignées les unes des autres.

ANALYSE DE REGROUPEMENT

E. Gozé

Le schéma ci-dessous reproduit les étapes d'une analyse de regroupement d'essais.

